

⑫ 公開特許公報(A) 平3-238883

⑤ Int. Cl.⁵

H 01 S 3/06
G 02 B 6/22
G 02 F 1/35
H 01 S 3/17

識別記号

5 0 1

庁内整理番号

7630-5F
7036-2H
7246-2H

⑬ 公開 平成3年(1991)10月24日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全4頁)

⑭ 発明の名称 光増幅用ファイバ

⑯ 特 願 平2-34628

⑰ 出 願 平2(1990)2月15日

⑱ 発 明 者 神 屋 和 雄 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社
精密機能材料研究所内

⑲ 出 願 人 信越化学工業株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 小宮 良雄

明 細 書

1. 発明の名称

光増幅用ファイバ

2. 特許請求の範囲

1. 第1コアと、第1コアの外周を囲み第1コアより低屈折率な第2コアと、第2コアの外周を囲み第2コアより低屈折率なクラッドを有する石英系ファイバであり、前記第1コアが希土類元素をドープしてなる石英系ガラスであることを特徴とする光増幅用ファイバ。

2. 請求項第1項に記載の光増幅用ファイバにおいて、第1コアの径が4～12 μ m、第2コアの外径が20～100 μ m、クラッドの外径が125～140 μ mであることを特徴とする光増幅用ファイバ。

3. 請求項第1項に記載の光増幅用ファイバにおいて、第1コアの屈折率と第2コアの屈折率との差が0.2～1.0%、第2コアの屈折率とクラッドの屈折率との差が0.3～2.0%であることを特徴とする光増幅用ファイバ。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、光増幅器としてファイバレーザを用いる場合に、そのファイバレーザを構成する光増幅用ファイバに関するものである。

【従来の技術】

従来、ファイバレーザをインライン光増幅器として使用することが行なわれている。

その1例が第3図に示されている。この光増幅器の構成は、伝送光入射用のシングルモードファイバ1およびポンピング光入射用のシングルモードファイバ2が合波器3を介して光増幅用ファイバ4に接続し、その光増幅用ファイバ4が分波器5を介して伝送光出射用のシングルモードファイバ6およびポンピング光出射用のシングルモードファイバ7に接続している。

光増幅用ファイバ4の構造は、単一のコアとクラッドによりなるものである。

この光増幅器でファイバ1に波長 λ_1 のシングルモード伝送光が伝わってくる一方で、ファイバ

2に別な波長 λ_2 のシングルモードのポンピング光を入射させると、これが合波器3に伝わり、合波器3内でミックスされる。それらの光は光増幅用ファイバ4を伝送する間、ポンピング光がレーザ物質を励起し、伝送光が増幅されつつ分波器5にいたる。分波器5では波長 λ_1 の増幅された伝送光および波長 λ_2 の減衰したポンピング光に分けられ、伝送光はファイバ6を伝送してゆく、ポンピング光はファイバ7から出射してゆく。

【発明が解決しようとする課題】

上記した光増幅用ファイバでは、入射したポンピング光がレーザ物質を励起するために十分に寄与せずに、吸収によって減衰してしまう割合が多いため、十分な増幅度が得られないという問題があった。またポンピング光がシングルモードであるため、合波器での結合損失が大きくて光増幅用ファイバに効率よく入射しにくいことも十分な増幅度が得られない原因である。

本発明はこれらの課題を解決するためなされたもので、十分な増幅度が得られる光増幅用ファイ

バを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するための本発明を適用する光増幅用ファイバ10は、第1図に示すように第1コア11と、第1コア11の外周を囲み第1コア11より低屈折率な第2コア12と、第2コア12の外周を囲み第2コア12より低屈折率なクラッド13を有する石英系ファイバである。このファイバでは第1コア11にシングルモードの光伝送が可能であり、第2コア12にはマルチモードの光伝送が可能となる。

第1コア11は屈折率を高めるために必要に応じてドーパントを添加するが、それ以外に希土類元素をドーブしてなる石英系ガラスである。第2コア12は希土類元素を含有せず、第1コア11よりも低屈折率の石英系ガラスである。クラッド13は第2コア12よりも低屈折率な石英系ガラスとなっている。

第1コア11の石英系ガラスに含有される希土類元素としては、例えばErやNdなどがあげられる

が、例えばEr ± 0.1 としての含有量は50~5000PPMの範囲が好ましい。

第1コア11の径は4~12 μm が好ましい。第1コア11の径がこれより小さいと、信号伝送に使用される1.0~1.6 μm 程度の波長の伝送には適さなくなってしまう。第1コア11の径がこれより大きいと、前記程度の波長におけるシングルモードの伝送ができなくなってしまう。

第2コア12の外径は20~100 μm が好ましい。外径がこの範囲より小さいと伝搬されるモード数が制限される。また、接続損失も増加する。第2コア12の径は、前記程度の波長を伝送する上でこの範囲より厚くする必要はない。

クラッド13の外径は125~140 μm であることが好ましい。クラッド13の外径がこの範囲内にあると、クラッド13の肉厚は、第2コア12の径が前記範囲であるため、12.5~60 μm となり、光伝送のためには十分である。しかしクラッド13の径をこの範囲より小さくすると、ファイバが細くなりすぎて取扱が不便になる。また、この範囲

より大きくすると、ファイバの可撓性が乏しくなって、やはり取扱が不便になる。

第1コアの屈折率と第2コアの屈折率との差は0.2~1.0%が好ましい。この範囲にあるときシングルモードの光を伝送可能である。また第2コアの屈折率とクラッドの屈折率との差は0.3~2.0%であることが好ましい。この差が小さすぎると曲げによる損失が増加する。またクラッドにフッ素を含有させて屈折率を2.0%以上低下させて製造することは困難である。

【作用】

上記の光増幅用ファイバ10で、シングルモードファイバを伝わってきた伝送光は、第1コア11を伝搬してゆく。一方、ポンピング光は、マルチモードファイバを伝わって、第2コア12に入って伝搬されてゆく。その間、ポンピング光の一部は、第1コア11が第2コア12より高屈折率であるため、第2コア12から第1コア11に入る。第1コア11に入ったポンピング光は、第1コア11に含有されたレーザ物質であるErまた

はNdを励起する。そのErまたはNdからエネルギーを受け、伝送光によって誘導放出がなされる。

このとき、第2コア12は石英系ガラスであるために低損失であり、ポンピング光は第2コア12を長距離に渡って伝搬しながら、相互作用による伝送光の増幅効率を高めることが可能となる。

【実施例】

以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本発明を適用する光増幅用ファイバ10の屈折率分布図であり、本例では第1コア11の屈折率 $n_1=1.467$ 、第2コア12の屈折率 $n_2=1.458$ 、クラッド13の屈折率 $n_3=1.448$ にしてある。従って第1コアと第2コアの屈折率差 $\Delta n_1=0.6\%$ 、第2コアとクラッドの屈折率差 $\Delta n_2=0.7\%$ になる。第1コアは石英ガラスに GeO_2 および Er_2O_3 をドーブしたもので、 Er_2O_3 を100PPM含有するものである。第2コア12は純石英ガラスである。クラッド13は石英ガラスにフッ素をドーブして屈折率を下げたものである。

せ、さらにフッ素を含有するシリカ微粒子を順次堆積させてガラス化し、プリフォームを製造する。

このプリフォームを酸水素炎中で加熱しながら直径125 μm のファイバに曳く。ファイバを切断し、端面を研磨して仕上げれば、光増幅用ファイバ10が完成する。光増幅用ファイバ10の直径(クラッド13の外径)は125 μm 、第1コア11の径は7 μm 、第2コア12の外径は50 μm であった。

完成した光増幅用ファイバ10を、第2図に示されているインライン光増幅器の中に組み込む。この光増幅器の構成は、伝送光入射用のシングルモードファイバ21およびポンピング光入射用のマルチモードファイバ22が合波器23を介して光増幅用ファイバ10に接続し、その光増幅用ファイバ10が分波器25を介して伝送光出射用のシングルモードファイバ26およびポンピング光出射用のマルチモードファイバ27に接続している。

このようなファイバ10は、次のような手順で製造される。

石英製同心多重バーナに水素ガス5.54/分、酸素ガス8.04/分を供給して酸水素火炎を形成させ、バーナー中心部に酸素ガス0.171/分をキャリアガスとして四塩化けい素0.251/分、四塩化ゲルマニウム0.051/分を供給する。この火炎を担体としての直径20mmの石英ガラス棒に当て、四塩化けい素の火炎加水分解で発生したシリカガラス微粒子を担体の軸方向に堆積成長させ、8時間運転して外径45mm、長さ300mm、重さ170gで平均かさ密度が0.35g/cm³である多孔質ガラス母材を作成する。

次いで多孔質ガラス母材を塩化エルビウムの0.1重量%のメタノール溶液に浸漬して多孔質ガラス母材の内部まで塩化エルビウムを浸透させ、空气中に24時間放置して風乾させたのち、ヘリウムガス雰囲気下で1600℃に加熱して焼結し、透明なガラスロッドを得る。

ガラスロッドの外周に純シリカ微粒子を堆積さ

この光増幅器でファイバ21に波長 $\lambda_1=1.55\mu\text{m}$ のシングルモード伝送光が伝わってくる一方で、ファイバ22に波長 $\lambda_2=1.46\mu\text{m}$ のマルチモードのポンピング光を入射させる。すると合波器23により伝送光は第1コア11に入射し伝搬してゆく。ポンピング光は、第2コア12に入射して伝搬されてゆきながら、その一部は第2コア12から第1コア11に入る。第1コア11に入った波長 $\lambda_2=1.46\mu\text{m}$ のポンピング光はErを励起する。エネルギーを受けたErは、波長 $\lambda_1=1.55\mu\text{m}$ の伝送光によって誘導放出がなされる。これにより増幅された伝送光は、第1コア11から分波器25を経てシングルモードファイバ26を伝搬してゆく。一方、減衰したポンピング光は分波器25を経てマルチモードファイバ27から出射してゆく。

上記実施例の光増幅用ファイバ10による光増幅器の増幅度は、下表の実施例1のとおりであった。このほか、上記実施例とは条件の異なった実施例2～実施例4についての結果と、第3図に示した従来例についての結果を下表に示してある。

尚、各実施例、従来例において使用した伝送光の波長 $\lambda_1=1.55\mu\text{m}$ 、ポンピング光の波長 $\lambda_2=1.46\mu\text{m}$ である。

表

	第1コア中の Er_2O_3 含有量 (PPM)	第1コアと第2コアの屈折率差 Δn_1 (%)	第2コアとクラッドの屈折率差 Δn_2 (%)	増幅度 (dB)
実施例	1	100	0.6	35
	2	300	0.3	32
	3	2000	0.3	24
	4	5000	0.6	15
従来例	2000	コアとクラッドの屈折率差 $\Delta n=1.0$		12

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明を適用した光増幅用ファイバは、第2コアが純石英ガラスであるためにそこを伝搬するポンピング光が無駄に減衰しない。そのため相互作用を長くとれ伝送光の増幅効率が向上する。ポンピング光がマルチモードで入射するので、結合損失を非常に僅かに抑えることができ、この面からも高効率の増幅が

可能となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明を適用する光増幅用ファイバの屈折率分布図、第2図は上記光増幅用ファイバを組み込んだインライン光増幅器の実施例の該略図、第3図は従来の光増幅器の実施例の該略図である。

1、2、6、7、21、26

…シングルモードファイバ

3、23…合波器 4、10…光増幅用ファイバ

5、25…分波器 11…第1コア

12…第2コア 13…クラッド

22、27…マルチモードファイバ

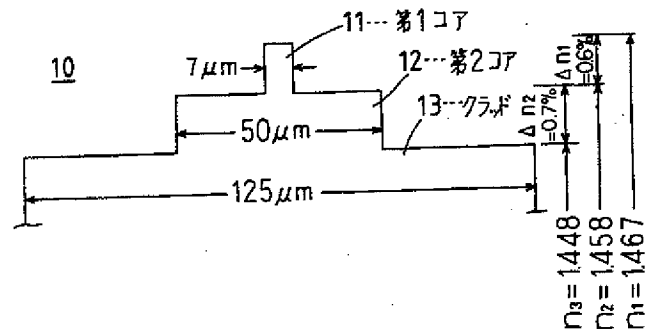
特許出願人

信越化学工業株式会社

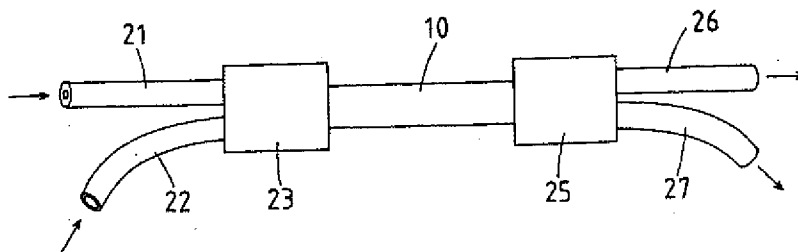
代理人

弁理士 小宮良雄

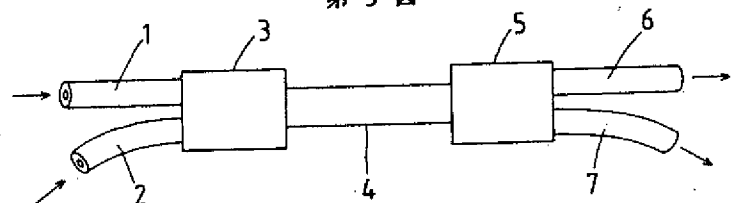
第1図



第2図



第3図



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-238883

(43)Date of publication of application : 24.10.1991

(51)Int.Cl.

H01S 3/06

G02B 6/22

G02F 1/35

H01S 3/17

(21)Application number : 02-034628

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 15.02.1990

(72)Inventor : KAMIYA KAZUO

(54) FIBER FOR LIGHT AMPLIFICATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to obtain a fiber for light amplification bringing about a sufficient amplification degree by forming a first core of silica glass doped with a rare-earth element.

CONSTITUTION: A quartz fiber having a first core 11, a second core 12 which surrounds the outer circumference of the first core 11 and has a lower refractive index than the first core 11, and a clad 13 which surrounds the outer circumference of the second core 12 and has a lower refractive index than the second core 12, is proposed. In this fiber, a single-mode light transmission can be made for the first core 11 and a multimode light transmission can be made for the second core 12. The first core 11 is formed of silica glass doped with a rare-earth element in addition to a dopant which is added, as occasion calls, so as to increase a refractive index, while the second core 12 is formed of silica glass not containing the rare-earth element. Since a pumping light propagated is not attenuated uselessly according to this constitution, an interaction can be secured to be long and an amplification efficiency of the transmitted light can be improved.

